



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

**Ardi Puis**

## **MADALPINGE JAOTUSVÕRGU MÕÕTESÜSTEEMIDE VÕRDLUS**

### **COMPARISON OF MEASURING SYSTEMS IN LOW VOLTAGE NETWORK**

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Andres Annuk, energiavarustuse professor

**Tartu 2019**

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Ardi Puis		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Madalpinge jaotusvõrgu mõõtesüsteemide võrdlus			
Lehekülgi: 37	Jooniseid: 5	Tabeleid: 5	Lisaid: 2
<p>Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika</p> <p>4.17. Energeetikaalased uuringud</p> <p>T140 Energeetika</p> <p>Juhendaja: Andres Annuk, energiavarustuse professor</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2019</p>			
<p>Elektrilevi on Eesti suurim jaotusvõrgu ettevõtte, enamik kliente tarbib elektrienergiat Elektrilevi jaotusvõrgust madalpingel. Tarbimispunktides on vajalik elektrienergia mõõtmine.</p> <p>Selle töö sisu on enimkasutatavate mõõtesüsteemide võrdlemine ja analüüsimine, selgitamine, mis on mõõtesüsteemide võimalused ning miks on mõõtesüsteemide valik selliseks kujunenud. Lisaks selgitatakse võrgus tekkiva reaktiivenergia nähtust ja selle mittevajalikkust. Mõõtesüsteemide valik ei ole hoomamatult kirju, sellise valiku tekkimisel on kindlad põhjused: erinev side keskhaldussüsteemiga, tarbijate peakaitsete suurus, elektrienergia tootmise võimalikkus, tarbijate soov mõõtesüsteemi mitte uuendada.</p>			
Märksõnad: mõõtmine, mõõtesüsteemid, madalpinge, jaotusvõrk, alajaam.			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelors' Thesis	
Author: Ardi Puis		Curriculum: Engineering	
Title: Comparison of Measuring Systems in Low Voltage Network			
Lehekülgi: 37	Figures: 5	Tables: 5	Appendixes: 2
<p>Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering</p> <p>Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering</p> <p>4.17. Energetic Research</p> <p>T140 Energy research</p> <p>Supervisors: Andres Annuk, Professor of Energy Application Engineering</p> <p>Place and date: Tartu 2019</p>			
<p>Elektrilevi is the biggest distribution company on elekctrical energy, most clients in Estonia recieve their electricity through Elektrilevi power grid. It is necessary to meter electricity in every consumption point.</p> <p>The aim is to examine most common measuring systems - what are the features and explaining current selection of measuring systems. In addition the occurance of reactive energy in the distribution powergrid is also explained.. There are certain reasons for the situation of measuing systems: varying communication connection, selection of main circuit-breakers, possibility of producing electrical energy by consumers, headstrong consumers who are not letting to upgrade their measuring systems. The selection of measuring systems is currently not too overly excessive.</p>			
Keywords: metering, measuring systems, low voltage distribution powergrid, substation.			

## SISUKORD

Mõisted.....	2
Sissejuhatus .....	3
1. Arvestitest üldiselt.....	4
1.1. Induktsioonmõõtemehanismiga arvestid .....	4
1.2. Elektroonsed arvestid .....	5
2. Milliseid arvesteid paigaldati varem? .....	6
3. Milliseid mõõtesüsteeme paigaldatakse praegu? .....	8
4. Millest sõltub arvesti valik? .....	10
4.1. Arvesti ja voolutrafode valik vastavalt peakaitsme suurusele.....	11
4.2. Arvesti valik vastavalt faaside arvule.....	13
4.3. Arvesti valik vastavalt elektrienergia tootmisele .....	13
4.4. Arvesti valik vastavalt kontsentraatori olemasolule.....	14
4.4.1. P2P mõõtesüsteemi tööpõhimõte.....	14
4.4.2. PLC mõõtesüsteemi tööpõhimõte.....	15
4.4.3. Miks kasutatakse PLC lahendust? .....	17
5. Kauglugemistarkvarad AIM ja HES .....	18
6. Ohud.....	19
7. Miks mõõdetakse reaktiivenergiat?.....	19
8. Miks on kasutusel olevate arvestite valik selliseks kujunenud? .....	22
Kokkuvõte .....	23
Kasutatud kirjandus.....	25
Lisa 1 .....	27
Lisa 2 .....	33
Lihtlitsents.....	35

## Mõisted

**Kaugloetav arvesti** – arvesti, mis võimaldab saata tunniseeriad kauglugemisseadme kaudu Eesti Energia infosüsteemidesse

**Kauglugemisel olev arvesti** – arvesti, mille mõõdetud andmed (näidud või tunniseeriad) edastatakse sisseehitatud kauglugemismooduli kaudu Eesti Energia infosüsteemidesse

**Kohtloetav arvesti** - arvesti, mis ei võimalda saata tunniseeriad kauglugemismooduli kaudu Eesti Energia infosüsteemidesse.

**Kohtlugemisel olev arvesti** – arvesti, mille mõõdetud andmed ei edastata kauglugemissüsteemi kaudu EE infosüsteemidesse

**Arvesti tüüp** – arvesti mudelite kogumi ühtne nimi

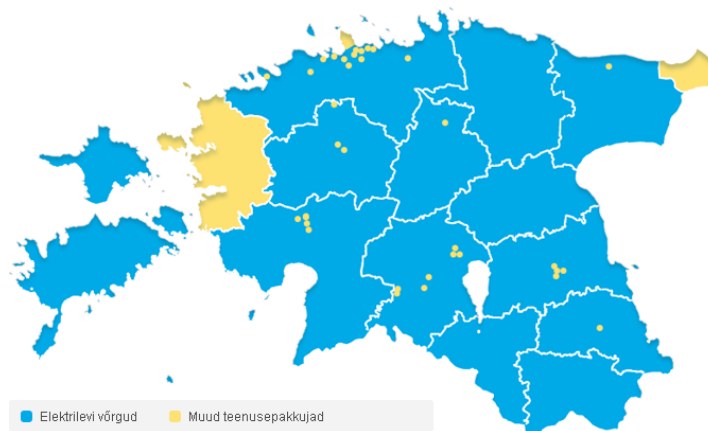
**Arvesti mudel** – arvesti täielik nimi, millest selgub kommunikatsiooni viis, faaside arv, tööpinge ja vool, funktsionaalsused ja põlvkond

**Mõõtepunkt** – Punkt elektrivõrgus, kus mõõdetakse elektrienergia liikumist

## Sissejuhatus

Nii nagu ikka, tuleb iga teenuse ja toote tarbimise eest maksta. Kui tarbida rohkem siis tuleb ka maksta rohkem. Sama reegel kehtib ka elektrienergia tarbimise kohta. Et tarbimise eest oleks tasu võimalik küsida õiglaselt, tuleb tarbimist mõõta. Keskmise inimese puhul toimub tema elektrienergia tarbimine madalpingel. Madalpinge tarbimispunktis mõõtmiste korraldamine, nii võrgust väljuva kui ka siseneva energia mõõtmine, on vastavalt Elektriturseadusele võrguettevõtja kohustus [1]. Eestis eksisteerib mitmeid elektrijaotus võrguettevõtjaid, kuid Eesti maa-ala on piirkondade kaupa koondunud põhiliselt kolme võrguettevõtja kätte.

Suurim nendest on Elektrilevi, kellel ligikaudu 475 000 klienti üle Eesti. Elektrilevi võrgupiirkonda ei kuulu suurematest aladest vaid Läänemaa, Viimsi ning Narva ja selle ümbrus (joonis 1), kus elektri toovad kohale teised võrguettevõtjad [2]. Läänemaal ja Viimsis tegutseb Imatra Elekter (25 600 kliendiga) [3], Narvas ja selle ümbruses VKG Elektrivõrgud (33 000 kliendiga) [4].



**Joonis 1.** Elektrilevi Tegutsemisalad

Kuna suurim elektrijaotus võrguettevõtja Eestis on Elektrilevi, analüüsib töö autor Elektrilevi madalpinge jaotusvõrgus kasutatavaid mõõtesüsteeme. Tuleb tunnistada fakti, et digitaaltehnoloogia areng viimase 40 aasta jooksul on olnud kiireneva tempoga ning on toonud arenguid ja uusi võimalusi kõikidesse valdkondadesse. Kuna keegi ei taha „rongist maha jääda“, tuleb olla uuendustele avatud ja leida ning rakendada võimalusi ka mõõtesüsteemide arenevas valdkonnas.

Madalpinge mõõtepunktides kasutatakse mitmed eri tüüpe mõõtesüsteeme. Teoreetiliselt läheb iga arvesti generatsiooni väljatulekuga valik kirjumaks – seega, võttes arvesse olemasolevaid nõudeid mõõtesüsteemidele, kas oleks võimalik vähendada kasutatavate arvestite valikut? Sellise põhimõtte rakendamine võiks anda rahalist võitu arvestite andmete keskhaldussüsteemi litsentside vähendamise näol, süsteem muutuks lihtsamaks, arvestite valik igale mõõtepunktile muutuks lihtsamaks.

## **1. Arvestitest üldiselt**

Esialgsed arvestid olnud analoog tööpõhimõttega. Tänapäeval on enamik elektriseadmeid digitaalsed. Oluline areng on toimunud mõõtesüsteemide täpsuses ja usaldusväärsuses täpset mõõtmist häirivate mõjude vastu. Näiteks ei ole uute mõõtesüsteemide puhul enam mõõtmise täpsust võimalik magnetiga mõjutada.

Elektrilevi tegutsemispiirkonnas on praeguseks suurem enamus analoog-arvestitest vahetatud välja uute digitaalsete mõõtesüsteemide vastu [5]. Suur hüpe digitaalse mõõtmise poole asi alguse aastal 2013, kui rakendust leidis KLG 17 nimeline programm, mille eesmärk oli tavalised arvestid välja vahetada uute kaugloetavate vastu. Vana arvestiga toimub kohtlugemisega mõõtmine 6 200 mõõtepunktis, mis on 0.9% kogu mõõtesüsteemide arvust (seisuga oktoober 2018).

### **1.1. Induktsioonmõõtemehanismiga arvestid**

Suur osa Elektrilevile kuuluvast võrgust on loodud ENSV ajal kui olulisi standardeid ei järgitud või isegi ei eksisteerinud. Kui „asi“ töötas ja elekter „oli“, siis see oli tarbijatele ilmselt juba piisav. Elektrienergia mõõtmiseks kasutati induktsioonmõõtemehhanismi põhimõttel töötavaid arvesteid [6].

Sellise ühefaasilise arvesti sees on alumiiniumketas, mille külge on ühendatud loendur. Alumiiniumketta panevad arvestis liikuma kettas tekkinud pöörivoolud, mis omakorda on tekitatud sobilikult valitud ja ketta lähedusse paigutatud elektromagnetitega. Elektromagnetid on arvestis eraldi nii pinge kui ka voolu tarbeks. Pinge on viidud 90 kraadi voolust taha, mis pöörivoolude toimele tekitab alumiiniumkettas pöördemomenti. Pöördemoment proportsionaalne hetke aktiivvõimsusele. Lisaks on arvestis ka püsिमagnetid, mis on ketta kiiruse kontrollimiseks (mõõtmise täpsus) ja pidurdamiseks.

Kettaga ühenduses oleva loenduri abil saadakse näidud elektrienergia tarbimise kohta. Näidud teatatakse võrguettevõtjale telefoni teel. Enamik induktsoonarvestitest on asendatud uute elektroonsete vastu ning selliseid vanu arvesteid on siiani kasutusse jäänud väga vähe.

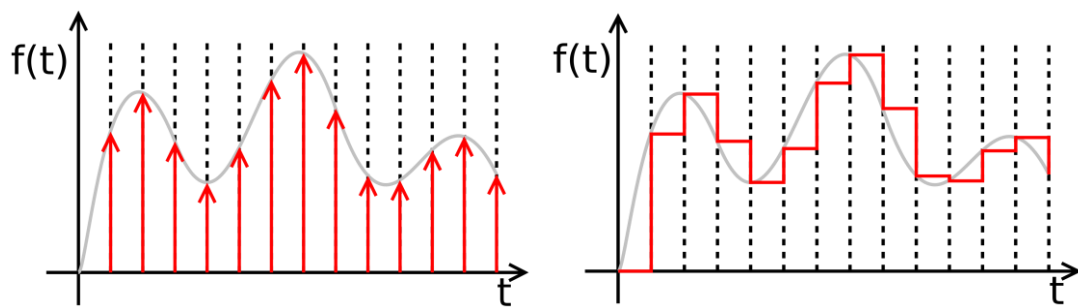
## **1.2. Elektroonsed arvestid**

Peale KLG 17 programmi on vanad arvestid vahetatud uute elektroonsete vastu. 2018 oktoobri seisuga on 99.1% kasutusel olevatest mõõtesüsteemidest kauglugemise võimekusega, 98.7% on realselt kauglugemisel. See tähendab, et 0.4% (2 750) kauglugemise võimekusega arvestit töötavad kohtlugemisel.

Infot tarbimise kohta on võimalik esitada analoog- või digitaalkujul. Täna toimub andmete edastus Elektrilevi võrgus elektroonsete arvestite abil peamiselt digitaalkujul, kuigi analoogkuju on voolule, pingele ja muudele pidevatele suurustele loomulikum.

Digitaaltehnikas on analoogsignaalist digitaalsignaali saamiseks kindel põhimõte. Analoogkujul tarbimisandmete digitaalkujule teisendamiseks kasutatakse impulsskoodmodulatsiooni. Olenevalt sellest, mitme bitiga (8, 12, 16 jne) suurus edastatakse, jagatakse selle muutumisvahemik kas  $2^8 = 256$ ,  $2^{12} = 4096$ ,  $2^{16} = 65536$  jne võrdseks nummerdatud vahemikuks, ning analoogsuuruse väärtusena edastatakse vahemiku järjekorranumber, millesse suurus sattus mõõtmise hetkel (joonis 2) [7]. Mõõtesüsteemi täpseks talitluseks peavad arvesti sees olevad tariifjuhtimiskellad kindla aja tagant läbima metrooloogilise kontrolli ehk taatluse [8].





**Joonis 2.** Visualiseerimine analoogandmete teisendamisest digitaalkujule

Võrreldes vanade induktiivarvestitega on uutele elektroonsetele mõõtesüsteemidele oluliselt lihtsam juurde lisada uusi funktsioone/võimalusi. Nendeks funktsioonideks on näiteks kauglugemise teostamine ja arvestite kaugjuhtimise teel välja- ja sisselülitamine. Luues tiheda kaugmõõtevõrgu, tekib uus funktsioon ka keskhaldussüsteemi – rikkeid jaotusvõrgus on võimalik kaugelt ja täpselt lokaliseerida [9].

## 2. Milliseid arvesteid paigaldati varem?

Vastavalt Elektrilevi kodulehel väljatoodud infole paigaldati kuni 2013 aastani viite tüüpi arvesteid (tabel 1) [10]. Varasemalt võis erinevaid tüüpi arvesteid töös olla rohkem – selle kohta autoril info puudub.

**Tabel 1.** Paigaldatavate arvestite valik enne KLG17 programmi

Arvestite valik enne KLG 17 programmi				
				
TY120is 10(65)A		TK420iNNs 5(100)A		ML 3df6 0,5-40
				
GH46TF 10(60)A			ACE1000	

### 3. Milliseid mõõtesüsteeme paigaldatakse praegu?

Vastavalt Elektrilevis kehtivale juhendile *J3321* (lisa 1) paigaldatakse praegu ainult nelja tüüpi arvesteid (kokku 10 erinevat mudelit). Need arvestid on välja toodud ülevaatlikus tabelis nr 2 ja 4 ning funktsionaalsused tabelis nr 3.

**Tabel 2.** Kõik uued paigaldatavad arvestite mudelid

Arvestite valik peale KLG 17 programmi		
Arvesti tüüp	Arvesti mudel	Arvesteid kasutusel
E350	ZCF120ABDFS2-AD-CU (1F P2P)	12,543
	ZMF120ABDFS2-AD-FU (3F P2P)	18,996
	ZFF120ABdFs2 (3F P2P)	842
	ZMF110CBTFS2-AD-FU (3F P2P)	866
E450	ZCXi120APU0L0D1.21S2 (1F PLC)	351,015
	ZMXi320APU0L0D3.21S2 (3F PLC)	163,449
	ZMXi320APU0L0D3.21S3 (3F PLC)	52,730
	ZMX310CGU1L1D3.21 S2 (3F P2P)	4,055
E650	ZMD410CT44.2409 (3F P2P)	6,062
S650	SMA410CT44.0089 (3F P2P/RS485*)	23,036

\*Kui mõõtepunkt on alajaamas sees, ühendatakse mõõtesüsteem internetikaabliga kontsentraatori külge ning andmeedastus keskhaldussüsteemi toimub kontsentraatori abil.

**Tabel 3.** Uute arvestite funktsioonid

Funktsioon	E350	E450	E650	S650
<b>Aktiivenergia (kWh)</b>	+	+	+	+
<b>Reaktiivenergia (kVARh)</b>	+	+	+	+
<b>Näivenergia (kVAh)</b>			+	+
<b>Max tariife</b>	6	6	6	6
<b>Aktiivvõimsus (W, 3 faasi summa)</b>	+	+	+	+
<b>Teavituse saatmine keskhaldussüsteemi (arvesti klemmide katte eemaldus, tugev DC magnetväli)</b>	+	+	+	+
<b>Max arvestit läbiv vool</b>	100A	100A	6A Maksimaalse voolu mõõtmine vastavalt voolutrafode valikule	6A Maksimaalse voolu mõõtmine vastavalt voolutrafode valikule
<b>Infotalletus katkestuste kohta</b>	+	+	+	+
<b>Tunniandmete salvestamise puhver</b>	2 kuud	2 kuud	2 kuud	2 kuud
<b>Voolu sulgemine arvestist</b>	+	+		
<b>Võimsustegur <math>\cos \varphi</math></b>	+	+	+	+
<b>Hetkväärtuste kuvamine</b>			$\cos \varphi$ , voolu-tugevus, sagedus, faasinihke nurk	$\cos \varphi$ , voolu-tugevus, sagedus, faasinihke nurk

**Tabel 4.** Paigaldatavate arvestite valik peale KLG 17 programmi

Arvestite valik peale KLG 17 programmi	
 <p>The image shows a Landis+Gyr E350 meter. It has a white plastic housing with a green LCD display at the top showing '000010.73'. Below the display is a barcode and technical specifications including '230V 50Hz', '5(20)A', and '3x50/100-240/415 V'. The meter is labeled 'E350' and 'adlms'.</p>	 <p>The image shows a Landis+Gyr E650 meter. It has a white plastic housing with a green LCD display at the top showing '000010.73'. Below the display is a barcode and technical specifications including '3 PHASE 4 WIRE METER', '5(20)A', and '3x50/100-240/415 V'. The meter is labeled 'E650' and 'adlms'.</p>
E350	E650
 <p>The image shows a Landis+Gyr E450 meter. It has a white plastic housing with a green LCD display at the top showing '2430'. Below the display is a barcode and technical specifications including '230V 50Hz', '5(20)A', and '3x50/100-240/415 V'. The meter is labeled 'E450' and 'adlms'.</p>	 <p>The image shows a Landis+Gyr S650 meter. It has a white plastic housing with a green LCD display at the top showing '000010.73'. Below the display is a barcode and technical specifications including '3 PHASE 4 WIRE METER', '5(20)A', and '3x50/100-240/415 V'. The meter is labeled 'S650' and 'adlms'.</p>
E450	S650

#### 4. Millest sõltub arvesti valik?

Arvestid valitakse Elektrilevis vastavalt ettevõttesisesele juhendile J3321. Aeg-ajalt tehakse juhendis muudatusi. Praeguseks on juhendit neli korda uuendatud, viimane uuendus jõustus 14. mail 2019.

Selles juhendi järgi tuleb arvesti valikul võtta korraga arvesse mitut aspekti:

- Esimene valik tehakse tarbimispunkti peakaitsme suuruse alusel. Kolm vahemikku on:
  1. kuni 63A (k.a),
  2. üle 63A (v.a) kuni 100A (k.a),
  3. üle 100A (v.a);
- Tarbimispunktide faaside arv (1-faasilisi ühendusi on kuni 25A-ni (k.a);
- Elektrienergia jaotusvõrku tagasi tootmisest;
- Kombineeritud alajaamas kontsentraatori olemasolust ning mõõtepunkti kaugusest alajaamast või teisest lähimast mõõtepunktist.

#### **4.1. Arvesti ja voolutrafode valik vastavalt peakaitsme suurusele**

Sõltuvalt peakaitsme suurusest kuni 63A (k.a) kasutatakse otsemõõte-süsteemi (st ilma voolutrafodeta). Selliseid mõõtepunkte on ELV võrgus valdav enamus. Siia tarbimispunktide alla käivad enamasti eramud, paarismajad, ridaelamud, väikese tarbimisvõimsusega tehnoarajatised nagu tänavavalgustused ja reoveepumplad.

Peakaitsme suurusest üle 63A kuni 100A (k.a) kaitsmega liitumispunktis tuleb kehtiva juhendi korral kasutada otsemõõte süsteemi (otsekombi arvesti – kombineeritud aktiiv- ja reaktiivenergia mõõtmise otse, ehk ilma voolutrafodeta). Selles valikus on kaks arvesti mudelit.

Peakaitsme suurusest üle 100A (v.a) kasutatakse voolutrafodega (mõõtetetrafodega) mõõtesüsteemi.

Suure koormuse puhul tuleb elektrienergia mõõtmiseks kasutada mõõtetetrafosid. Mõõtetetrafodeks loetakse nii pinge- kui ka voolutrafosid. Pingetrafod on vajalikud kesk- ja kõrgepingel mõõtmiseks. Voolutrafod on vajalikud suure voolutugevuse korral.

100A (k.a) ja väiksematest nimivooluga peakaitsete puhul läbib kogu vool arvestit ning voolutrafod ei ole vajalikud.

Üle 100A suuruse peakaitseme tarbijad on üldiselt äri- ja tootmishooned või kortermajad, millel on kogu hoone peale üks liitumispunkt (korteritel on maja peale ühine peakaitse, kuid mõõtmine toimub iga korteri kohta eraldi).

Üle 100A on vool juba liiga suur, et see võiks voolata otse läbi mõõtesüsteemi – seega tuleb kasutada voolutrafosid. Voolutrafosid kasutades on mõõtesüsteemi läbiv vool oluliselt väiksem. Voolutrafo valitakse mõõtepunkti vastavalt peakaitse nimivoolu suurusele, valikul on abiks tabel nr 5. Valik tehakse voolutrafo primaarmähise nimivoolu osas. Sekundaarmähise nimivool peab olema 5A ning voolutrafo täpsusklass 0,2s. Primaarmähise ja sekundaarmähise nimivoolu suhe on voolutrafo ülekandeteguriks. Näiteks 315A peakaitse puhul kasutatakse 300/5 voolutrafosid, mis annavad ülekandeteguriks 60.

**Tabel 5.** Voolutrafo valiku tabel

<b>Voolutrafo valiku tabel</b>			
<b>VT-d</b>	<b>Peakaitse, A</b>	<b>VT-d</b>	<b>Peakaitse, A</b>
<b>150/5</b>	125	<b>1000/5</b>	700
	160		750
<b>300/5</b>	180		800
	200		900
	225		1000
	250	<b>1500/5</b>	1125
	280		1250
	315		1280
<b>600/5</b>	350		1440
	450		1600
	500	<b>2500/5</b>	1800
	560		2250
	630		2500

Paigaldades voolutrafosid ja sobivat mõõtesüsteemi, on Elektrilevi partneritel, kes töid teostavad, kohustus kontrollida mõõtesüsteemi toimimise täpsus ning esitada sellekohane aruanne tagasi Elektrilevile (näide Voolutrafodega mõõtesüsteemi seadistamise aktist on Lisa 2). Voolutrafodega mõõtesüsteemi paigaldamise puhul on oluliselt raskem tagada vajalik täpsus, oht on näiteks lahutus-lühistusklemmide juhtmed valesti ühendada või mõõtesüsteemi sisestada vale ülekandetegur. Selliste eksimuste korral saab klient normaalselt elektrienergiat tarbida, kuid mõõteandmed on valed. Eksimus saab olla mõlemas suunas - nii kliendi kasuks kui ka kahjuks.

Akti täitmine on esimeseks sammuks mõõtevea tekkimise välistamisel - juba akti täites kontrollib Elektrilevi partner mõõtesüsteemi seadistamise korrektsust, hiljem kontrollitakse esitatud dokument ka vastava Elektrilevi töötaja poolt.

Voolutrafodega mõõtesüsteemi hind on 501€ ning eraldi tuleb juurde osta vastavalt koormusele valitud kolm voolutrafot (ca 40€/tk).

## **4.2. Arvesti valik vastavalt faaside arvule**

Elektrilevi tarbimispunktidest on 57% ühefaasilised, nendest enamus asub kortermajades [11]. KLG 17 projekti raames tuli vanad arvestid asendada ning silmas pidada, et uus arvesti füüsiliselt mahuks vana asemele. Ühefaasiliste arvestite mõõdud on 230 x 140 x 80 (mm, kõrgus x laius x sügavus), kolmefaasiliste arvesti (ilma voolutrafodeta) mõõdud on 310 x 180 x 95 (mm) [12]. Seega on ühefaasiline arvesti 8 cm lühem, 4 cm kitsam ja 1,5 cm õhem. Siinkohal ei ole oluline just seos faaside arvuga, vaid kasutatava arvesti välismõõtmetega. Arvesti väiksemad mõõtmed suurendavad tõenäosust, et uus arvesti mahub vana asemele.

## **4.3. Arvesti valik vastavalt elektrienergia tootmisele**

Elektrilevi klientidel on lisaks tarbimisele ka võimalik taotleda elektrienergia tootmist ja müümist tagasi jaotusvõrku [13]. Tootmisvõimsusel kuni 65,8kW ehk kuni 100A-ni (k.a) kasutatakse kahte arvesti mudelit (ZMX310... ja ZMF110...). Suurema võimsuse korral kasutatakse voolutrafodega mõõtesüsteeme (SMA410... ja



ZMD410...). Kui sobilik mõõtesüsteem on varasemalt olemas, seadistatakse olemasolev kahesuunalisele mõõtmisele.

#### **4.4. Arvesti valik vastavalt kontsentraatori olemasolule**

Mõõtepunkti loomisel või olemasoleva ümberehitamisel tuleb selgusele jõuda, millise alajaama toitel kõnealune punkt on. Suuremate linnade kesklinnades asuvad alajaamad väga tihedalt, ning skeemid on kirjud. Kui skeemi järgi on alajaama vastava trafo küljes kontsentraator olemas, ning mõõtepunktide vahel on vähem kui 450m, tuleb valida PLC mõõtesüsteem (lisa 1 – J3321).

Kontsentraator on arvutivõrgu seade, mis paigaldatakse jaotusvõrgu alajaama ja igale trafole eraldi. Kontsentraator suhtleb PLC mõõtesüsteemidega ning kogub nendelt tarbimisandmed üle elektriliinide, seejärel edastab andmed keskhaldussüsteemi üle interneti (WAN) või avaliku telekomi võrgu (GPRS).

Kui kontsentraatorit ei eksisteeri ja seda ei ole plaanis paigaldada, tuleb valida P2P mõõtesüsteem.

##### **4.4.1. P2P mõõtesüsteemi tööpõhimõte**

P2P tähendab Point-to-Point ning on üheks tarbimisandmete edastamise mooduseks. Tarbimisandmed edastatakse mõõtepunktist keskhaldussüsteemi üle Telia võrgu, kasutades GPRS andmeside. Side toimub P2P mõõtesüsteemidel mõlemal suunas. SIM kaart on igasse mõõtesüsteemi juba tehases paigaldatud. Lisaks ei tohi SIM kaarti arvestist välja võtta ega uut paigaldada, sest esialgselt paigaldatud SIM kaart on seotud konkreetse arvestiga.

Praktikas on P2P lahendus väga töökindel. Kahjuks on P2P mõõtesüsteemid ligi kaks korda kallimad kui samaväärsed PLC mõõtesüsteemid, makstes 212 eurot. P2P mõõtesüsteeme kasutatakse siis, kui alajaamas ei ole kontsentraatorit, või kui mõõtepunktide vaheline kaugus (või esimese mõõtepunkti kaugus alajaamast) fiidri põhiselt on üle 450 meetri.

Tavaliselt kasutatakse P2P mõõtesüsteeme, kui sama alajaama toitel olevad majapidamised on teineteisest väga kaugel, või kui alajaama toitel on alla kümne tarbija.

#### 4.4.2. PLC mõõtesüsteemi tööpõhimõte

PLC tähendab Power-line communication ning on teiseks tarbimisandmete edastamise mooduseks. Andmed edastatakse mööda madalpinge elektriliini, mis on samaaegselt kasutusel elektrienergia edastamiseks. Mõõtepunkti tarbimisandmed salvestatakse lühiajaliselt mõõtesüsteemi mälusse. Regulaarselt edastatakse tarbimisandmed alajaamas paiknevasse kontsentraatorisse. Andmeedastus toimub kõigil faasidel kõrgsagedustel 63,3 kHz ja 74 kHz (joonis 3), sarnaselt P2P-le samuti mõlemas suunas, kuid side toimimiseks peab arvestil L1 olema pingestatud.



**Joonis 3.** PLC kõrgsageduslik andmevahetus, mis toimub üle elektriliinide

PLC mõõtesüsteeme tohib kasutada selliselt, et iga fiidri põhiselt jääks mõõtepunktide (või fiidri esimese PLC mõõtepunkti ja kontsentraatori) vahele vähem kui 450 meetrit.

PLC mõõtepunktid võivad alajaamast asuda kaugemal tingimusel, et 450 meetri ulatusse jääks samal fiidril teisi PLC mõõtepunkte. Vastavalt fiidri ja mõõtepunktide paiknemisele edastavad kontsentraatorile lähemal olevad PLC arvestid kaugemal olevate PLC arvestite tarbimisandmeid.

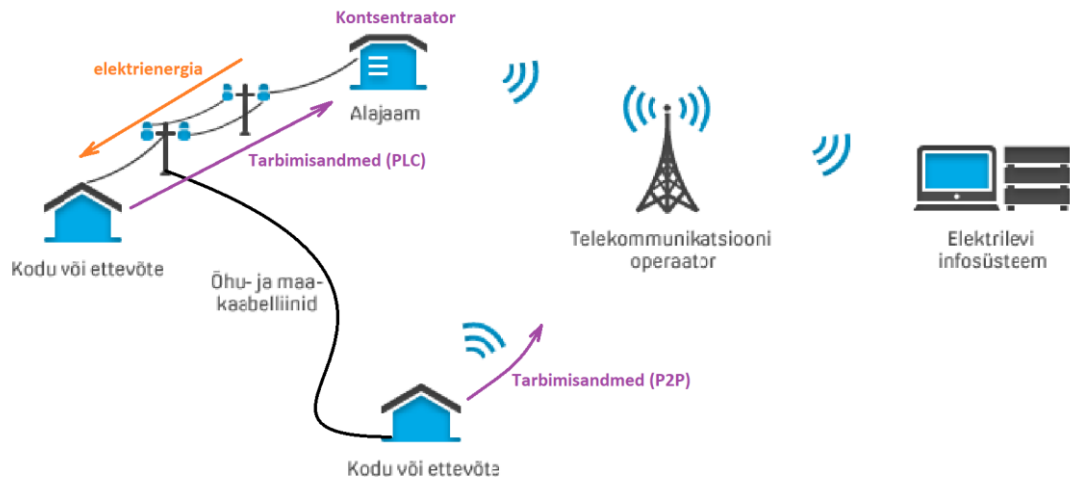
Liinid ei jookse tarbijateni linnulennult. Eksisteerib elektriliine, mis on alajaamast tarbijani vanast ajast jäänud väga ebaloogiliselt suure kaarega. Seega tuleb võtta arvesse olemasoleva võrgu paiknemist, et nõutud kaugused jääksid alla 450 meetri.

450 meetri põhimõttel on järgnev põhjus - see on maksimaalne kaugus, millest andmed usaldusväärselt kontsentraatorisse jõuavad. Kaugemalt saabuvate andmete kohalejõudmise tõenäosus langeb oluliselt. Põhjuseks elektriliinide mahtuvus, kaod ja müra. Paraku on selline negatiivne mõju kasvavas trendis. PLC andmesidet häirivad klientide seadmed (ruuterite ja digibokside toiteadaptrid, soojuspumbad, sagedusmuundurid, inverterid ja LEDid). Häiringuid on võimalik ning ka reaalselt vajalik vähendada häiringusummutusseadmete (filtrite) paigaldamisega. Vajadusel tuleb üle minna P2P mõõtesüsteemi(de)le.

PLC mõõtesüsteem püüab andmeid saata senikaua, kuni need on kohale jõudnud. Kontsentraator saadab vastava signaali, et on andmed kätte saanud. Sellepärast on ka Elektrilevi kodulehel kirjas, et kaugloetav arvesti tuleb peaaegu alati vooluvõrgus hoida (*„...pikemaks ajaks lahkudes lülitage vool majast välja mitte peakaitsmest, vaid arvestil olevast lülitist.“*) [14].

Punktid veebilehelt [14]:

- Kaugloetavad arvestid mõõdavad tarbitud elektrikoguseid (kilovatt-tunde) iga tunni kohta. Selline intervall on kehtestatud elektrituruseadusega, sest avatud turul võib elektri hind igal tunnil olla erinev.
- Arvesti edastab info tarbitud elektrikoguste kohta võrguettevõtjale kord ööpäevas.
- Enamik arvesteid kasutab info edastamiseks arvestist alajaama samu elektriliine, mille kaudu ka elekter majja jõuab.
- Väike osa arvestitest edastab arvestist info mobiilside teel (GSM ja 3G andmeside tehnoloogia abil) (joonis 4).



**Joonis 4.** Lihtsustatud joonis kaugloetavate PLC ja P2P mõõtesüsteemide andmeedastuse kohta

#### 4.4.3. Miks kasutatakse PLC lahendust?

Peamine põhjus on, et see on Elektrilevile odavam. 85% arvestitest kasutab side jaoks PLC lahendust. PLC ja P2P arvestid maksavad vastavalt 107 ja 212 eurot. Tiheasustuse piirkonnas võib ühe alajaama toitel olla sadu tarbijaid. Seega on sellistes piirkondades oluline rahaline sääst üle 100 euro iga mõõtepunkti kohta, kui võrrelda P2P arvestiga. Kontsentraatori maksumus ja paigaldamise kulu alajaama on küll suur, kuid tasub end juba siis, kui alajaama toitel on üle 10 PLC mõõtesüsteemiga tarbimispunkti.

Lisaks sellele on PLC lahendus mõnevõrra sõltumatum, sest P2P side kasutab Telia andmesidet. Viimastel aastatel on meedias arutletud vanade sidevõrgu põlvkondade sulgemise üle, et uued tehnoloogiad saaksid turule asemele tulla. On oht, et tulevikutehnoloogiate jaoks ei jätku piisavalt sagedusi [15] [16].

2G/3G andmeside põlvkondade tuleviku kohta on Tele2-l ja Telial seni olnud erinevaid seisukohti. Tele2 esitleb plaani aastaks 2020 3G kinni panna ning 2G jääks kõneside. Telia ei plaani 5 aasta perspektiivis muutusi. Lepinguliselt on Elektrilevil õigus kasutada Telia sidet praegusel kujul kuni aastani 2028.

2G/3G kadumine oleks kauglugemise seisukohast suur risk, kuna tähendaks uuele „sidele“ (näiteks 4G) üleminekul 4,700 kontsentraatoril modemi asendamist, 6300 kontsentraatori puhul täielikku välja vahetamist, 2,000 modemi asendamist S650 arvestites ja 80,000 GPRS arvesti täielikku välja vahetamist [11].

PLC arvestite puhul eksisteerib üks oht, kus võrguehituse või lülitamiste tõttu PLC arvestiga tarbimiskohad lülitatakse teise trafo või alajaama toitele, kus ei ole vajalikku kontsentraatorit. Sel juhul ei saada nendest mõõtepunktidest tarbimisandmeid.

## 5. Kauglugemistarkvarad AIM ja HES

Kauglugemissüsteeme hakati paigaldama juba 15 aastat varem, kui 2013 algas üleeestiline arvestite „vahetusbuum“ KLG 17. Kui võtta kasutusele väga uuenduslik süsteem (seadmed, tarkvarad ja andmebaasid), siis on realistlik, et tõrked on kerged tekkima. 1998 aastal hangiti kauglugemistarkvara *Avalon Tele*, mis uuendati 2005 aastal *AIM*-iks (*Active Information Management* - arvesti ja serveri vaheline info edastamise tarkvara ehk kauglugemis-süsteem). *AIM* lahendusega toimub ligikaudu 17,000 arvesti kauglugemine, millega mõõdetakse ca 75% kogu võrku läbinud energiast. Kahjuks *AIM* süsteem näitab märke, et on juba ajale jalgu jäänud ja *AIM* kauglugemise rikkelisuse protsent on suur. Elektrilevi sisemise investeeringuprogrammi „*AIM* arvestite vahetamine“ käigus vahetati aastatel 2015...2019 välja 1600 rikkelisemat ja vähemfunktsionaalset *AIM* arvestit uuemate *HES* arvestite vastu. Ülejäänud 15,400 *AIM* arvesti rikkelisus on aktsepteeritav (0,37 %) ja need kordustaadeldakse või vahetatakse välja taatlusperioodi saabudes 2023...2029 [11].

2012 hangitud KLG 17 projekti kauglugemistarkvaraga *HES* (Height End System) toimub 630,000 arvesti kauglugemine, millega mõõdetakse ca 25% kogu võrku läbinud energiast [11].

AIM ja HES süsteemid töötavad eraldi ja nendes olevaid arvesteid ei ole omavahel võimalik kokku ühendada. Aastased tugi ja litsentsilepingu kulud AIM süsteemile on ligikaudu 35,000 eurot. KLG 17 projekti käigus hinnati AIM arvestite väljavahetamise mõistlikkust Elektrilevi äriarendusnõukogus ja jõuti järeldusele, et väljavahetamine ei ole majanduslikult otstarbekas. Investeering oleks üle 4 miljoni euro ning üleviimine HES tarkvarale tekitaks ka 50 aasta jooksul rahalist kahju ca 1,8 miljonit eurot. Seega otsustati, et AIM arvestid vahetatakse kui rikkelisus on tõusnud üle 2%, või kui arvestitelt vajatakse HES-funktsionaalsust.

## **6. Ohud**

Mõõtevara, nii riist- kui ka tarkvara, tuleb kaitsta võimaliku häkkimise ja küberohu eest. Mõõtesüsteemide kasvanud funktsionaalsusele on neid võimalik kasutada ka meie vastu – korraldada andmete „segadust“, korraldada arvestitest massväljalülitusi. Selliste õhtute vältimiseks tehakse turvalistust tõstvaid toiminguid, kuid täpne tegutsemiskava ei ole avalik.

## **7. Miks mõõdetakse reaktiivenergiat?**

Kodukliendilt ehk tarbimiskohast peakaitsmega kuni 63A reaktiivenergia eest eraldi tasu ei küsita.

Reaktiivenergia põhilisteks tarbijateks on ärikliendid, kes kasutavad palju elektrimootoreid. Reaktiivenergia mõõtühik on kVARh (reaktiivne kilovoltamper-tund) [17]. Kui aktiiv- ja reaktiivenergia suhe on 0,15 või enam tuleb üle 63A

nimivooluse peakaitsmega tarbimispunktides reaktiivenergia eest tasuda arvesti näitude järgi vastavalt hinnakirjale. Reaktiivenergia tasu arvestatakse vastavalt arvesti näitudele, nii tarbitud kui ka elektrivõrku antud koguste eest. Reaktiivenergia tasu ei arvestata üle 63 A suuruse peakaitsmega kortermajades, kus on ainult elamispinnad. Seega ei pea reaktiivenergia eest tasuma elektri ühisostul olevad korterelamud, mille kõik lõpptarbijad on kodukliendid. Kui aga 51% või rohkem hoonest on äripinnad, on reaktiivenergia eest tasumise kohustus olemas [12].

Reaktiivenergiat võivad vahelduvvooluvõrgus nii tekitada kui ka tarbida reaktiivtakistusega elektriseadmed, nagu elektrimootorid, sünkroongeneraatorid, sünkroonkompensaatorid ja kondensaatorid. Reaktiivenergia mõõtmine ja selle eest tarbijatelt tasu küsimine on põhjendatud sest, et reaktiivvõimsus on võrguettevõtja jaoks soovimatu nähtus, kuna tekitab elektrienergia kadusid [19]. Madalam võimsustegur ( $\cos \varphi$ ) tingib võrgust võetava võimsuse suurenemist ning suuremaid energiakadusid trafodes, liinides, kaablites ja lülitusseadmetes. See omakorda lõpuks põhjustab vajadust asendada trafod suurematega juhul, kui summaarne näivvõimsus ( $S$ , kVA) ületab trafo nominaali, suuremaid kaitseseadmeid ja lülitusseadmeid ning suurema ristlõikega kaableid. Ka juhul, kui seadmed on piisava võimsusvaruga (näiteks tuleviku perspektiiviga), on madala võimsusteguri tulemiks täiendavad energiakaod, mis põhjustavad seadmete ja kaablite lisasoojenemist, nende eluea vähenemist ning ka otsest rahalist kulu selle energia tasumise eest energiamüüjale.

Kõige efektiivsem võimsusteguri parandamise moodus on kompenseerimis-kondensaatorite paigaldamine. Pärast õige kompensaatori paigaldamist väheneb reaktiivenergia ülekandevajadus oluliselt - väheneb toitevõrgu ja jaotusseadmete nimivoolud sest väheneb summaarne vool. Tarbija jaoks vähenevad elektrienergia tasud, sest võrguettevõtjale ei pea reaktiivenergia eest tasuma [20].

Reaktiivenergiat suudavad mõõta kõik P2P mõõtesüsteemid, mis on ette nähtud kasutamaks peakaitsme puhul üle 63A (63A v.a) (s.t otsekombi arvestid ja voolutrafodega mõõtesüsteemid), need arvestid on kahesuunalised. Klientide tarbeks saab ekraanil kuvada energia liikumist. Arvesti ekraanil kuvatakse vajadusel järgmised sümboleid, mis tähendavad:

- $\rightarrow +P$  tähendab tarbitavat aktiivvõimsust ja energia mõõtmist I ja IV kvadrantis.
- $\leftarrow -P$  tähendab toodetavat aktiivvõimsust ja energia mõõtmist II ja III kvadrantis.
- $\uparrow +Q$  tähendab tarbitavat reaktiivvõimsust ja energia mõõtmist I ja II kvadrantis. See tähendab, et tarbija kasutab induktiivset koormust nt mootorid, päeavalguslambid, konditsioneerid, soojuspumbad, mis vajavad reaktiivvõimsust magnetvälja moodustamiseks.
- $\downarrow -Q$  tähendab toodetavat reaktiivvõimsust ja energia mõõtmist III ja IV kvadrantis.

Kvadrandid iseloomustavad reaktiivenergia liikumist, selgitatud joonisel 5. Reaktiivvõimsus ei muundu kasulikuks tööks, vaid põhjustab elektrivõrgus aktiivenergia kadusid. Ainult aktiivvõimsus on see, mida on võimalik muuta teiseks energia liigiks nt. soojus, mehaaniline töö, keemiline energia). Näivvõimsus on leitav valemiga 1:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (1)$$

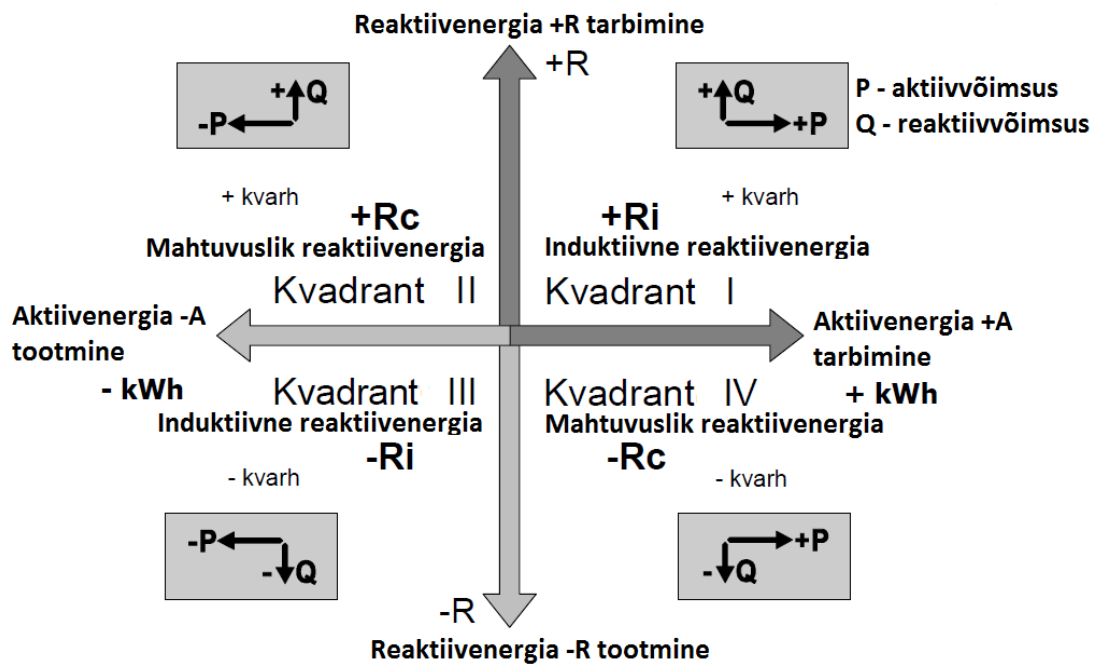
kus:  $S$  on näivvõimsus, VA;

$P$  – aktiivvõimsus, W;

$Q$  – reaktiivvõimsus, VAr.

Valemist saab tuletada, et reaktiivvõimsuse puudumisel näivvõimsus võrdub aktiivvõimsusega, mida on võimalik muundada kasulikuks tööks.





**Joonis 5.** Kahesuunalise P2P kombiarvesti kvadrante selgitav joonis

## 8. Miks on kasutusel olevate arvestite valik selliseks kujunenud?

Elektrilevi on Eestis suurima tegevuspiirkonna ja klientide arvuga võrguettevõtja. Minevikust on jäänud kliente, kelle mõõtesüsteem on KLG 17 raames jäänud asendamata. Siin mängib rolli inimfaktor - kliendid ei soovi lubada enda koju Elektrilevi esindajaid, kes on nende jaoks võõrad inimesed. Klientidega ei leia ühist sobivat aega, et asendada vana arvesti uue vastu kohas, mis ei ole nende peamine elukoht, näiteks suvekodus. Mõned kliendid on kindla iseloomuga, kes põhimõtete pärast ei ole muutustega nõus.

Lisaks, ilma põhjendusega ei ole vaja kasutada kalleid lahendusi – kaotajaks ei ole alati Elektrilevi. Teatud sisuga töodel maksavad kliendid võrgu ehitustööd ja ka uue arvesti ise kinni.

Üle Eesti ei saa kasutada näiteks ainult ühte või kahte tüüpi mõõtesüsteemi (näiteks ainult voolutrafodega P2P mõõtesüsteemi). See poleks majanduslikult otstarbekas ja mõõtesüsteemi suuremate mõõtude tõttu lihtsalt ka võimalik. Tuleb säilitada väike paindlikkus.

Elektrilevi püüab võrku standardiseerida ja uute mõõtesüsteemide näol näha potentsiaali ja seda efektiivselt ka realiseerida. See kajastub ka madalpinge jaotusvõrgu mõõtepunktide mõõtesüsteemide valiku osas. 654,000 mõõtesüsteemist on vaid 5,700 vanad kohtlugemisega arvestid (mis jagunevad üheksaks mudeliks). Need üheksa mudelit moodustavad vaid 0.88%, seega võib öelda et pilt ei ole üldse kirju

## **Kokkuvõte**

Käesolev töö annab ülevaate hetkel kasutatavatest mõõtesüsteemidest Elektrilevi madalpinge võrgus, ning selgitab kuidas õiget mõõtesüsteemi kindlasse mõõtepunkti valida.

Koos vanade arvestitega on kasutusel umbes 20 erinevat mudelit erinevaid mõõtesüsteeme, millest kõigist 96.3% on kauglugemisprogrammi KLG 17 käigus asendatud uute digitaalsete HES kauglugemislahendusel olevate mõõtesüsteemide vastu. 2.6% kõigist mõõtesüsteemidest on AIM kauglugemislahendusel. Ülejäänud 1.1% on kohtlugemisel. Kasutusel olevad mõõtesüsteemid võiksid lihtsuse mõttes olla ainult ühel, HES kauglugemissüsteemil. Ettevõttesise uuringu järgi oleks sellisel tegevusel suur rahaline kaotus.

Arvesti valik sõltub olemasoleva võrgu paiknemisest ja eripäradest, konkreetsest tarbimispunkti peakaitsme suurusest - suurt võimsust tarbivatel klientidel toimub mõõtmine voolutrafodega mõõtesüsteemiga. Alates 63A (v.a) peakaitsme suurusest arvestatakse ka soovimatu reaktiivenergia nähtusega, mis klientidele on üldiselt tasuline. Enamik võrku läbivast elektrienergia tarbimisinfort saadakse arvestitest üle

PLC lahenduse, kus alajaamas asuv kontsentraator kogub kõikide alajaama mõõtepunktide tarbimisandmed ja alles seejärel edastatakse keskhaldussüsteemi.

Hajaasustus-piirkondades edastatakse andmed mõõtepunktidest otse kesksüsteemile tavaliselt üle P2P lahenduse. P2P ja PLC lahendustel on omad plussid ja miinused – vastavalt robustsus ja odavus. Lahenduste puhul, mille töö sõltub 2G andmesidest ja selle edasiarendusest GPRS-ist, tuleb silmas pidada, et aegunud 2G põlvkond võidakse turult eemaldada.

## Kasutatud kirjandus

1. **Elektriturseadus.** (2019), kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/ELTS> (24.05.2019)
2. **Elektrilevi koduleht.** (2019) Elektrilevi tutvustus - <https://www.elektrilevi.ee/elektrilevi-tutvustus> (24.05.2019)
3. **Imatra koduleht** (2019) Imatra võrguteenus - <https://www.imatraelekter.ee/vorguteenus/> (24.05.2019)
4. **VKG Elektrivõrgud koduleht** (2019) Ettevõtte tutvustus - <http://www.vkgev.ee/est/ettevotest/ettevotte-luhiulevaade> (24.05.2019)
5. **Elektrilevi koduleht** (2019) Arvestite paigaldamine Elektrilevi klientidele - <https://www.elektrilevi.ee/et/kauglugemine-paigaldamine> (24.05.2019)
6. **Lukašin, A.** (2019) Elektrimõõtmised - [http://opiobjektid.tptlive.ee/Elektrimootmised\\_e-kursus/elektrienergia.html](http://opiobjektid.tptlive.ee/Elektrimootmised_e-kursus/elektrienergia.html) (24.05.2019)
7. **Meldorf, M., Tikk, T., Kilter, J.** (2010) Elektrivõrgu operatiivjuhtimissüsteem. 105 lk.
8. **Meldorf, M., Tammoja, H., Treufeldt, Ü., Kilter, J.** (2007) Jaotusvõrgud. 495 lk.
9. **Meldorf, M., Tammoja, H., Treufeldt, Ü., Kilter, J.** (2007) Jaotusvõrgud. 499 lk.
10. **Elektrilevi koduleht** (2019) Tundke oma arvestit - <https://www.elektrilevi.ee/tundke-oma-arvestit> (24.05.2019)
11. **Sirel, M.** (2018) J3342/1 - Mõõtevara varagrupi strateegia kuni 2030 [Elektrilevi OÜ dokumendid] (24.05.2019)
12. **Sirel, M.** (2018) P350/4 - Nõuded arvestitele [Elektrilevi OÜ dokumendid] (24.05.2019)
13. **Elektrilevi koduleht** (2019) Liitumine väiketootjale - <https://www.elektrilevi.ee/liitumine-vaiketootjale> (24.05.2019)
14. **Elektrilevi koduleht** (2019) Kuidas kaugloetav arvesti töötab - <https://www.elektrilevi.ee/kuidas-kaugloetav-arvesti-tootab> (24.05.2019)
15. **Geenius koduleht** (2016) Esimene Eesti operaator valmistub nelja aasta pärast 3G võrgu sulgemiseks - <https://digi.geenius.ee/rubriik/teadus-ja->

[tulevik/esimene-eesti-operaator-valmistub-nelja-aasta-parast-3g-vorgu-sulgemiseks/](#) (24.05.2019)

16. **Sakala postimees koduleht** (2018) Sidefirmad vanu mobiilivõrke esialgu veel sulgeda ei plaani - <https://sakala.postimees.ee/4474758/sidefirmad-vanu-mobiilivõrke-esialgu-veel-sulgeda-ei-plaani> (24.05.2019)
17. Elektrilevi koduleht (2019) Reaktiivenergia kompensaator - <https://www.elektrilevi.ee/reaktiivenergia-kompensaator> (24.05.2019)
18. Elektrilevi koduleht (2019) Võrguteenuse hind ehk võrgutasu - <https://www.elektrilevi.ee/võrguteenuse-hind-ehk-võrgutasu> (24.05.2019)
19. Vikipeedia (2015) Reaktiivenergia - <https://et.wikipedia.org/wiki/Reaktiivenergia> (24.05.2019)
20. **Elrato koduleht** (2019) Reaktiivenergia kompensaatorid - <http://www.elrato.ee/?p=doc&id=68> (24.05.2019)

# Lisa 1

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	14.05.2019	Dokumendi tähis:	J3321 / 5
	Kinnitas:	R. Armas	Ülemdokument:	P3162

## ARVESTI TÜÜBI VALIKU JA KONTSENTRAATORI PLANEERIMISE JUHEND

### 1. Eesmärk ja kasutusala

Dokument kirjeldab arvesti tüübi valiku ja kontsentraatori planeerimise põhimõtteid. Arvesti tüübi valikul peab esmaselt jälgima liitumispunkti lepingulist kaitset ja seejärel antud juhendi põhimõtteid. Juhend on täitmiseks kõigile, kes peavad tööülesandeid täites arvestitüüpi määrama või kontsentraatori planeeringut teostama.

### 2. Mõisted

**Kommertsarvesti** – arvesti elektrienergia mõõtmiseks tehingutes (tehingu mõiste on kirjeldatud dokumendis P350 Nõuded arvestile).

**Tootjaarvesti** – arvesti elektrienergia tootmise (tarbimise) mõõtmiseks.

**Bilansiarvesti** – arvesti bilansienergia mõõtmiseks.

**Omatarbearvesti** – arvesti alajaama omatarbeenergia mõõtmiseks.

**P2P (GPRS)** – Point to point arvesti, milles on sisse ehitatud modem SIM kaardiga ja mille andmeedastus toimub läbi sideoperaatori (mobiilivõrgu kaudu) lugemissüsteemi.

**PLC** – arvesti, mille andmeedastus toimub läbi elektrivõrgu ja mille andmeid küsitseb kontsentraator.

Kontsentraatorid (DC) asuvad alajaamades ja koguvad kokku PLC arvestite andmed ning andmeedastus toimub läbi sideoperaatori (mobiilivõrgu kaudu) lugemissüsteemi.

**AIM** – arvestite kauglugemissüsteem

**HES** – KLG 17 projektis kasutusele võetud arvestite kauglugemissüsteem

AIM ja HES süsteemid töötavad eraldi ja nendes olevaid arvesteid ei ole omavahel võimalik kokku ühendada

### 3. Mõõtepunkti arvesti valik kuni 63A (k.a) kaitsmega liitumispunktis

6. Mõõtesüsteemi arvesti vankri kuni 63A (kV) kaitsesega liitumispunkti						
Mõõtesüsteem	Mõõtmine	Mõõtesüsteemi pinge V	Liitumise punkti kaitse A	Arvesti tüüp	Arvesti mark	Kauglugemi se lahendus
Otsemõõte süsteem	- Kommerts	1x230	≤63	ZCXi120APU0L0D1.21S2 ZCF120ABDFS2-AD-CU	E450 1F PLC E350 1F P2P	PLC(HES) GPRS(HES)
Otsemõõte süsteem	- Kommerts, bilansi	3x230/400		ZMXi320APU0L0D3.21S3 ZMF120ABDFS2-AD-FU	E450 3F PLC E350 3F P2P	PLC(HES) GPRS(HES)
Otsemõõte süsteem	- Kommerts	3x220		ZFF120ABdFs2	E350 3F P2P IT	GPRS(HES)
Otsemõõte süsteem (kombi)	Tootja	1x230, 3x230/400		ZMX310CGU1L1D3.21 S2 ZMF110CBTFS2-AD-FU	E450 3F P2P E350 3F P2P	GPRS(AIM) GPRS(HES)

### 4. Mõõtepunkti arvesti valiku põhimõtted olemasoleva kuni 63A (k.a) kaitsmega liitumispunktis

4.1. Arvesti vahetuse/paigalduse Tööülesande koostamisel kuvatakse automaatselt „Muudetud elektriarvestusseadmed, Arvesti tüüp“: P2P või PLC;

### 5. Mõõtepunkti arvesti valiku põhimõtted rekonstrueeritava/olemasoleva/uue alajaama ehitamisel kuni 63A (k.a) kaitsmega liitumispunktis

Arvesti valikul peab lähtuma alajaama toitel olevate mõõtepunktide arvust:

5.1 Kui olemasoleva AJ toitel mõõtepunktide arv jääb 1-10 (10 k.a) vahele ja kontsentraator puudub

- üksiku liitumise puhul peab valima P2P arvesti.
- Kui AJ toitele lisandub 10 või rohkem arvesteid, siis tuleb valida PLC arvestid ja tellida kontsentraatori paigaldus. Olemasolevaid P2P arvesteid ei vahetata.
- PLC arvestite puhul on vaja jälgida mõõtepunktide vahelist kaugust (esimese mõõtepunkti puhul siis kaugus alajaamast) fiidri põhisel. Kui mõõtepunktide vaheline kaugus on üle 450m, siis paigaldada P2P arvesti.

5.2 Kui olemasoleva AJ toitel mõõtepunktide arv jääb 1-10 (10 k.a) vahele ja kontsentraator on olemas.

- Üksiku liitumisel kontrollida naabruses olevat arvestitüüpi- PLC arvesti korral kasutada PLC arvesti, P2P korral – P2P.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	14.05.2019 R. Armas	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	J3321 / 5 P3162
----------------	-----------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------------------

- Kui AJ toitele lisandub uusi arvesteid, siis tuleb valida PLC arvestid. Olemasolevaid P2P arvesteid ei vahetata.
- PLC arvestite puhul on vaja jälgida mõõtepunktide vahelist kaugust (esimese mõõtepunkti puhul siis kaugus alajaamast) fiidri põhisel. Kui mõõtepunktide vaheline kaugus on üle 450m, siis paigaldada P2P arvesti.

5.3 Kui planeeritava alajaama alla kuulub rohkem kui 10 (10 v.a), siis peab valima PLC arvesti.

- PLC arvestite planeerimisel tuleb kontrollida alajaamas kontsentraatori olemasolu. Kui kontsentraator puudub, tuleb tellida koos arvestite paigaldamisega ka kontsentraatori paigaldus.
- PLC arvestite puhul on vaja jälgida mõõtepunktide vahelist kaugust (esimese mõõtepunkti puhul siis kaugus alajaamast) fiidri põhisel. Kui mõõtepunktide vaheline kaugus on alla 450m, siis paigaldada PLC arvesti.
- Kui mõõtepunktide vaheline kaugus jääb fiidri põhisel suuremaks, peab kasutama P2P arvesteid.

5.4 Üksiku liitumise korral, kui alajaamas puudub kontsentraator paigaldada P2P arvesti. Kui tegemist on ajutise võrguühendusega või rendikilbiga siis paigaldada alati P2P arvesti (PLC arvestit mitte paigaldada).

#### 6. Mõõtepunkti arvesti valik üle 63A (v.a) kuni 100A (k.a) kaitsmega liitumispunktis

Mõõtesüsteem	Mõõtmine	Mõõtesüsteemi pinge (V)	Liitumispunkti kaitse (A)	Arvesti tüüp	Arvesti mark	Kauglugemise lahendus
Otsemõõte – süsteem (kombi)	Kommerts; omatarbe; tootja; bilansi	3x230/400	≤100	ZMX310CGU1L1D3.21 S2 ZMF110CBTFS2-AD-FU	E450 3F P2P E350 3F P2P	GPRS (AIM) GPRS (HES)

#### 7. Mõõtepunkti arvesti valik üle 100A (v.a) kaitsmega liitumispunktis

Mõõtesüsteem	Mõõtmine	Mõõtesüsteemi pinge V	Liitumispunkti kaitse A	Arvesti tüüp	Arvesti mark	Kauglugemise lahendus
Voolutrafoodega mõõtesüsteem (kombi)	Kommerts; omatarbe; bilansi;	3x230/400	≥125	SMA410CT44.0089 5A GPRS** ZMD410CT44.2409*	S650-400/5-G	GPRS (HES/AIM)
Voolutrafoodega mõõtesüsteem (kombi)	Tootja	3x230/400		SMA410CT44.0089 5A GPRS**	S650-400/5-G	GPRS (HES)
Mõõtetrafoodega mõõtesüsteem (kombi)	Kommerts;	3x58/100		ZMD410CT44.2409*		GPRS (AIM)
Mõõtetrafoodega mõõtesüsteem (kombi)	Kommerts; omatarbe; bilansi; tootja	3x230/400 3x58/100		SMA410CT44.0089 5A GPRS** SMA410CT44.0089 5A RS485*** SMA410CT44.0089 1A GPRS** SMA410CT44.0089 1A RS485***	S650-400/5-G S650-400/5-R S650-400/1-G S650-400/1-R	GPRS (HES) RS485 (HES) GPRS (HES) RS485 (HES)

\*ei kasutata enam kui varasemalt on paigaldatud arvesti tüüp SMA410...

\*\*GPRS – CU-P42 mooduliga

\*\*\*RS485 – CU-B2 mooduliga

#### 7.1. Bilansiarvestid

Bilansimõõtesüsteemi paigaldamise põhimõtted on kirjeldatud protseduuris P2110.

7.1.1. Bilansiarvestite valik rekonstrueeritavatesse ja uutesse mastalajaamadesse  
Kui mastalajaama paigaldatakse bilansiarvesti ja kontsentraatori tarvis kahekohaline mõõtekilp, siis peab valima alajaama bilansiarvestiks SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R).  
Teistel juhtudel peab valima alajaama bilansiarvestiks SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G).

Koostas:

Mario Raestik, Sven Vakkum, Aare Martinson

Lk: 2 / 6

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	14.05.2019 R. Armas	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	J3321 / 5 P3162
----------------	-----------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------------------

#### 7.1.2. Bilansiarvestite valik uutesse komplektalajaamadesse

Antud dokumendi p.4 ja p.5 põhjal tehtud otsusest, kas alajaama taha jäävad P2P või PLC arvestid sõltub ka komplektalajaama mineva bilansiarvesti tüüp.

Kui alajaama taga on PLC arvestid, siis peab valima alajaama bilansiarvestiks SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R).

Kui alajaama taga on P2P arvestid, siis peab valima alajaama bilansiarvestiks SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G).

Kui alajaama taga on PLC ja P2P arvestid, siis peab valima alajaama bilansiarvestiks SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R).

Kui alajaama taga on P2P arvestid ja alajaama peab paigaldama 2 või enam bilansiarvestit, siis üks bilansiarvesti peab olema SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G) ja teine/teised SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R).

#### 7.1.3. Bilansiarvestite valik bilansimõõtesüsteemi ehitamisel

Kehtivad samad reeglid, mis p.7.1.1 ja 7.1.2 on toodud, v.a juhul kui bilansi mõõtesüsteemi peab ehitama alajaama välisseinale, siis peab valima bilansiarvesti tüübiks SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G).

### 7.2. Kommertsarvestid ja Tootja arvestid

7.2.1. Kommertsarvestite valik liitumistel, rikete kõrvaldamisel ja investeeringu objektidel (mõõtetrafodega MP-de rekonstrueerimised) ning Tootja liitumisel.

Kommertsarvestiks peab valima SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G).

### 7.3. Omatarbearvestite valik uutesse alajaamadesse

7.3.1. Kui alajaamas on kontsentraator või arvesti SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G) (bilansi või kommertsarvesti), siis peab valima alajaama omatarbearvestiks SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R).

7.3.2. Kui alajaamas ei ole kontsentraatorit ega arvestit SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G) (bilansi või kommertsarvesti), siis peab valima alajaama omatarbearvestiks SMA410CT44.0089 5A GPRS (S650-400/5-G).

P.7 kirjeldatud arvesti valiku põhimõtetes võib teha muudatusi, kuid need peavad olema kooskõlastatud AMR operaatoriga. Töövõtja on kohustatud kontsentraatori või arvestite paigaldamisel/vahetamisel võtma ühendust AMR operaatoriga, et kontrollida paigaldatava arvesti ülekandeteguri(te) õigsust. Õige arvesti valikuks on vajalik alajaamas kontrollida, kas voolutrafode nimi-sekundaarvool vastab 1A või 5A.

### 8. Andmeside kaabli (RS-485 kaabel) paigaldamine DC ja SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R) vahele.

Kui alajaama on paigaldatud kontsentraator (DC 450), siis peab bilansi mõõtesüsteemi ehitaja paigaldama RS-485 kaabli DC 450 ja kaoarvesti SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R) vahele.

Kui bilansiarvestiks on ette nähtud SMA410CT44.0089 5A RS485 (S650-400/5-R) ja alajaamas puudub kontsentraator DC 450, siis paigaldatakse seadmete vaheline andmeside kaabel kontsentraatori paigalduse käigus.

Andmeside kaabli paigalduse juhend on kirjeldatud kombiarvesti SMA410CT44.0089 kasutusjuhendis.

### 9. Kontsentraatori planeerimise põhimõtted

9.1. Võrgutöödel, kus koostatakse lähteülesanne ja või projekt tuleb võrgu planeerijatel määrata tegevused DC'ga.

- Uutes komplekt- ja mastalajaamades näha ette alajaama DC koht;
- Alajaama piirkonna ülevõtmisel näha alajaama DC koht, kui alajaama toitel on rohkem kui 10 arvestit;
- Alajaama piirkonna elektrivõrgu rekonstrueerimisel lähtuda olemasolevast olukorrast. Näha ette alajaama DC koht, kui alajaamas puudub DC ja alajaama toitele lisandub rohkem kui 10 arvestit;
- Alajaama vahetamisel planeerida DC ringi tõstmine vanast alajaamast uude.

Koostas: Mario Raestik, Sven Vakkum, Aare Martinson

Lk: 3 / 6



Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	14.05.2019 R. Armas	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	J3321 / 5 P3162
----------------	-----------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------------------

- Kui kahe või enama trafoga alajaama toitel on 10 või enam klienti ning on võimalus ümberlülitada kliendid ühelt trafolt teisele siis ette näha DC paigaldus reserv sektsiooni.

#### 10. Nõuded välisantennile

DC välisantenn tuleb kommertsarvesti omast eemale paigaldada, et side üksteist segama ei hakkaks.

Kui siseantenniga on levi -80 dBm või kehvem siis paigaldada alati välisantenn ja kilbist välja.

Mitte jätta välisantenni kilpi sisse (väljaarvatud erijuhtumid ja kokkuleppel operaatoriga)

Levi testida kilbi/alajaama uks suletud olekus.

#### 11. Seonduvad ELV dokumendid

P358 Nõuded komplektalajaamadele, jaotuspunktile ja madalpingeseadmetele

J3320 3-faasilise otseühenduses mõõtmise arvesti ZFF120ABdFs2 kasutusjuhend

J3311 Kombiarvesti ZMX310CGU1L1D3.21 kasutusjuhend

J3316 3-faasilise otseühenduses mõõtmise arvesti ZMXi320APU0L0D3.21 S2 kasutusjuhend

J3312 Ühefaasilise elektrienergiaarvesti ZCXi120APU0L0D1.21 S2 kasutusjuhend

J293 Kombiarvesti SMA410CT44.0089 kasutusjuhend

J2126 3-faasilise otseühenduses mõõtmise arvesti ZMXi320APU0L0D3.21 S3 kasutusjuhend

J3315 1-faasilise arvesti ZCF120ABdFs2-AD-CU kasutusjuhend

J3317 3-faasilise arvesti ZMF120ABdFs2 kasutusjuhend

J3291 Kombiarvesti ZMF110CBtFs2 kasutusjuhend

P2110 Bilansimõõtepunkti loomine ja bilansimõõtesüsteemi paigaldamine

#### 12. Alamdokumendid

J3322 Kontsentraatorite paigalduse juhend

P350 Nõuded arvestile

#### 13. Kokkuvõte – kõik arvesti tüübid:

Mõõtesüsteem	Mõõtmine	Mõõtesüsteemi ping V	Liitumis punkti kaitse A	Arvesti tüüp	Arvesti mark	Kauglugemise lahendus ja süsteem
Otsemõõte süsteem	– Kommerts	1x230	≤63	ZCXi120APU0L0D1.21S2 ZCF120ABDFS2-AD-CU	E450 1F PLC E350 1F P2P	PLC (HES) GPRS (HES)
Otsemõõte süsteem	– Kommerts, bilansi	3x230/400		ZMXi320APU0L0D3.21S2 ZMXi320APU0L0D3.21S3 ZMF120ABDFS2-AD-FU	E450 3F PLC E450 3F PLC E350 3F P2P	PLC (HES) PLC (HES) GPRS (HES)
Otsemõõte süsteem	– Kommerts	3x220		ZFF120ABdFs2	E350 3F P2P IT	GPRS (HES)
Otsemõõte süsteem	– Tootja	1x230, 3x230/400		ZMX310CGU1L1D3.21 S2 ZMF110CBTFS2-AD-FU	E350 3F P2P	GPRS (AIM) GPRS (HES)
Otsemõõte süsteem	– Kommerts, omatarbe; Tootja; bilansi	3x230/400	≤100	ZMX310CGU1L1D3.21 S2 ZMF110CBTFS2-AD-FU	E450 3F P2P E350 3F P2P	GPRS (AIM) GPRS (HES)
Voolutrafodega Mõõtesüsteem	Kommerts; omatarbe; bilansi	3x230/400	≥125	SMA410CT44.0089 5A GPRS ZMD410CT44.2409		GPRS (HES/AIM)
Voolutrafodega Mõõtesüsteem	tootja	3x230/400		SMA410CT44.0089 5A GPRS	S650-400/5-G	GPRS (HES)
Mõõtetrafodega mõõtesüsteem	Kommerts; omatarbe	3x58/100		ZMD410CT44.2409		GPRS (AIM)
	Kommerts; bilansi; omatarbe; tootja	3x230/400 3x58/100		SMA410CT44.0089 5A GPRS SMA410CT44.0089 5A RS485 SMA410CT44.0089 1A GPRS SMA410CT44.0089 1A RS485	S650-400/5-G S650-400/5-R S650-400/1-G S650-400/1-R	GPRS (HES) RS485 (HES) GPRS (HES) RS485 (HES)

#### 14. Arvestivahetuse loogika

Koostas:

Mario Raestik, Sven Vakkum, Aare Martinson

Lk: 4 / 6





## Lisa 2

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	19.12.2017	Dokumendi tähis:	V383 / 1
----------------	----------------	------------	------------------	----------

### MADALPINGE VOOLUTRAFODEGA MÕOTESÜSTEEMI KONTROLLI AKT

TÜ nr. 01721933

Mõõtepunkti EIC kood: 38ZEE-00751336-A

Kliendi nimi: Kuma teed

Mõõtepunkti pinge kV: 0,4

	Voolutrafode andmed
Tüüp	<u>ERM60-E3A</u>
Voolutrafode ülekanne	<u>150/5</u>
Täpsusklass / Võimsus	<u>0,2s / 1</u>

Lisakoormusena kasutatud seade:			Arvesti andmed ja näidud	Kontrollmõõteriista andmed ja näidud
tüüp: <u>puhv</u>			tüüp: <u>SMA 410</u>	tüüp: <u>AR5</u>
nimivõimsusega: .....			Arv. nr. <u>42202315</u>	nr. <u>408121013</u>
Arv. E600	ZMD410.09 SMA 410	Kontr. parameetrid	Arvesti	Kontrollmõõteriist
TRANS RATIO	0.4.2	VT ülekanne	<u>150/5</u>	x
I1	31.7	I <sub>L1</sub>	<u>14.2</u>	<u>14.68</u>
I2	51.7	I <sub>L2</sub>	<u>13.8</u>	<u>13.66</u>
I3	71.7	I <sub>L3</sub>	<u>13.9</u>	<u>13.82</u>
U1	32.7	U <sub>L1</sub>	<u>241.5</u>	<u>241</u>
U2	52.7	U <sub>L2</sub>	<u>240.6</u>	<u>240</u>
U3	72.7	U <sub>L3</sub>	<u>241.9</u>	<u>241</u>
PF1	33.7	cos φ (L1)	<u>0.99</u>	<u>1.00</u>
PF2	53.7	cos φ (L2)	<u>1.00</u>	<u>1.00</u>
PF3	73.7	cos φ (L3)	<u>1.00</u>	<u>1.00</u>
A	16.7.0	ΣP	<u>10.1256</u>	<u>10.17</u>
R	131.7.0	ΣQ	<u>0.0840</u>	<u>0.446</u>
Võrdlusperioodil loetud imp. arv			<u>55</u>	x
Võrdlusperioodil fikseeritud kWh			W <sub>arv.</sub> <u>165</u>	W <sub>va.</sub> <u>166.610</u>
Energiakoguste mõõterinevus ((W <sub>arv.</sub> - W <sub>va.</sub> ) / W <sub>va.</sub> ) x 100 .. <u>0.9</u> %				

ZMD..2409 SMA 410	Arvesti				
81.7.0	$\angle_{U_{L1}U_{L1}}$	0	81.7.4	φ <sub>L1</sub>	<u>2</u>
81.7.1	$\angle_{U_{L2}U_{L1}}$	<u>120</u>	81.7.5	φ <sub>L2</sub>	<u>0</u>
81.7.2	$\angle_{U_{L3}U_{L1}}$	<u>239</u>	81.7.6	φ <sub>L3</sub>	<u>0</u>

Mõõteskeemi tähistused ja ühenduste õigsus on kontrollitud ja mõõtmata ahelad plommitud

Märkused: .....

Kinnitan aktis fikseeritud andmete õigsust.

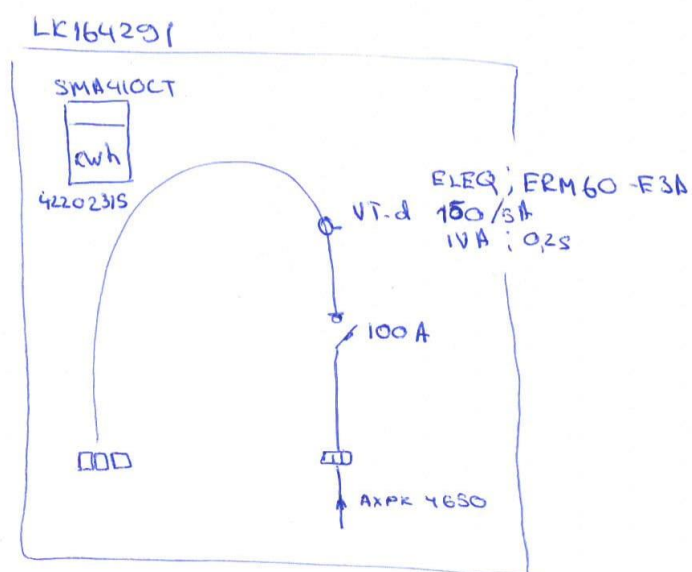
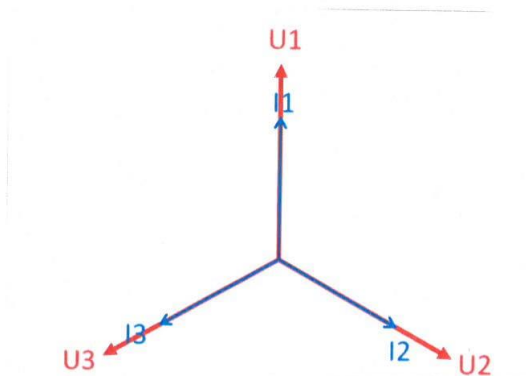
Mõõtesüsteemi kontrolli teostaja (nimi/allkiri): R. Masso

Mõõtesüsteemi kontrolli teostaja ettevõtte: Pluvo OÜ

Kontrolli kellaaeg ja kuupäev: 16:00 25.04.19

Lk: 1 / 2

Koostada vektordiagramm ja mõõtepunkti skeem:



Skeemi/vektordiagrammi koostaja nimi..... Grišev ..... allkiri Serg

Lk: 2 / 2

## **Lihtlitsents**

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Ardi Puis,  
sünniaeg 01.10.1991,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

**MADALPINGE JAOTUSVÕRGU MÕÕTESÜSTEEMIDE VÕRDLUS,**

mille juhendaja on Andres Annuk,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
- 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(kuupäev)

---

**Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)